

ვ.ცომაია, დ.კერესელიძე,  
 ე.სუხანსკაია, ლ.სალაყაია  
 ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

უაკ 551.48

სითბოსა და ტენიანობის თანაფარდობის გამოყენების თავისებურებანი მდინარეების თხევადი ჩამონადენის გაანგარიშებაში

**1. ზოგადი შენიშვნები**

შრომაში [1] აღნიშნულია, რომ სითბოსა და ტენიანობის თანაფარდობის შიდაწლიური განაწილება განსაზღვრავს მათზე დამოკიდებულ ბუნებრივ მოვლენების შიდაწლიურ განაწილებას, მათ შორის მდინარეების თხევადი ჩამონადენის შიდაწლიურ განაწილებასაც.

**2. კვლევის შედეგები**

მდინარეების თხევადი ჩამონადენის ( $Q, \text{მ}^3/\text{წმ}$ ) გამოსათვლელად გამოყენებულია ატმოსფერული ნალექები ( $X, \text{მმ}$ ) და ჰაერის ტემპერატურა ( $t^{\circ}\text{C}$ ), როგორც ტენიანობისა და სითბოს მახასიათებლები და გამოისახებიან შესაბამისი ფორმულების სისტემით [1]:

$$\begin{aligned} Q &= f(x, t) & (1) \\ Q &= f(t, x) & (2) \\ Q &= f(t * x) & (3) \\ \Sigma Q &= f(\Sigma x, \Sigma t) & (4) \\ \Sigma Q &= f(\Sigma t, \Sigma x) & (5) \\ \Sigma Q &= f(\Sigma x * \Sigma t) & (6) \end{aligned}$$

ფორმულებში (1-6)  $t$  წარმოადგენს ტემპერატურულ ფაქტორს, რომლის მახასიათებლად მიღებულია ფაქტიური ტემპერატურას ( $t_{\text{ფ}}$ ) მიმატებული 16; ეს უკანასკნელი გამოიყენება უარყოფითი ტემპერატურის დადებითად გადასაყვანად.

$$t = 16 + t_{\text{ფ}} \quad (7)$$

**3. დამოკიდებულებების გეომეტრიული ველი**

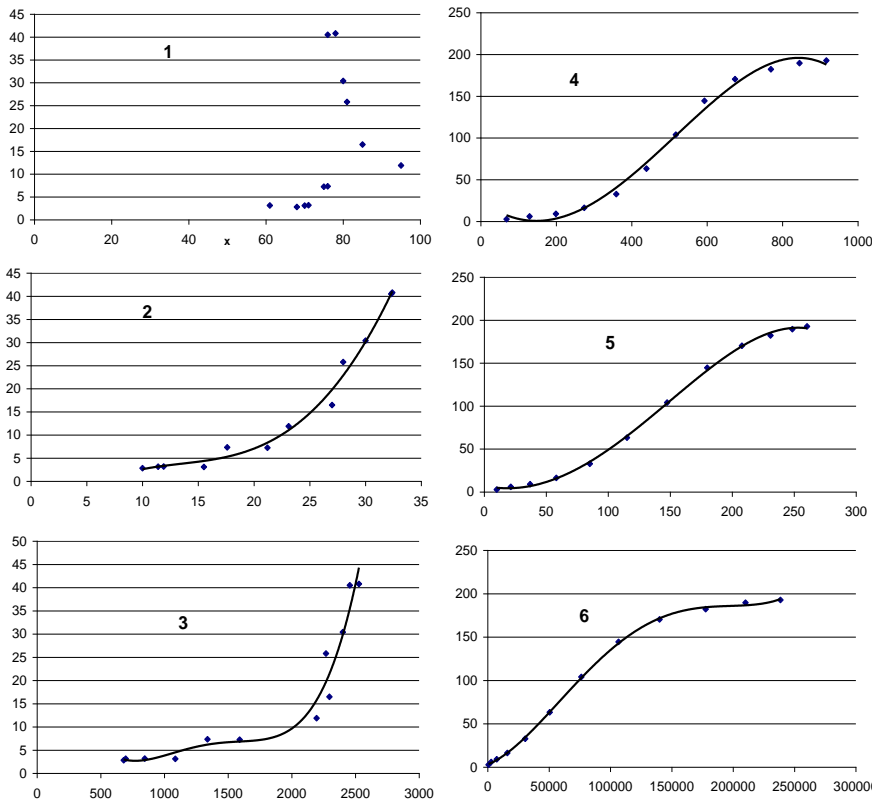
ანალიზისათვის გამოყენებულია 12 მდინარე, რომლებიც მდებარეობენ სხვადასხვა რაიონებში (რეგიონებში); მათ შორის არის მყინვარული და არა მყინვარული მდინარეები. ანალიზი ჩატარდა ორ ეტაპად. პირველი ეტაპი შეიცავს პერიოდს 1935 წლიდან 1960 წლამდე, რომლის  $Q$ ,  $x$  და  $t$  მასალები დამუშავდა ცხრ.1 სახით მდ. ღვანდრა – ს.ღვანდრა მაგალითზე. მათ საფუძველზე დამყარდა კავშირი (1)-(6) ფორმულების თანახმად, რომელთა დამოკიდებულების გეომეტრიული ველი წარმოდგენილია ნახ.1-ზე, მდ.მესტასჭალა – ს.მესტასის მაგალითზე. იგივე ხასიათისაა დანარჩენი მდინარეების მრუდეებიც.

ცხრილი 1. საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ( $Q, \text{მ}^3/\text{წმ}$ ), ჰაერის ტემპერატურის ( $t^{\circ}\text{C}$  ან  $16+t$ ), ნალექების ( $x, \text{მმ}$ ), სითბური ჩამონადენის [ $x*(16+t)$ ] და მათი ინტეგრალური მახასიათებლების გაანგარიშების შედეგები მდ.ღვანდრა-ს.ღვანდრას მაგალითზე

თვე	$Q, \text{მ}^3/\text{წმ}$	$t^{\circ}\text{C}$	$(16+t)^{\circ}\text{C}$	$x, \text{მმ}$	$(16+t)x$	$\Sigma x, \text{მმ}$	$\Sigma(16+t)^{\circ}\text{C}$	$\Sigma Q, \text{მ}^3/\text{წმ}$	$\Sigma x(16+t)$
ი	4.42	-0.6	15.4	164	2525.6	164	15.4	4.42	2525.6
იი	4.4	0.4	16.4	140	2296	304	31.8	8.82	9667.2
იიი	6.52	3.7	19.7	133	2620.1	437	51.5	15.34	22505.5
იიი	16.2	8.8	24.8	110	2728	547	76.3	31.54	41736.1
ი	37.7	13.3	29.3	125	3662.5	672	105.6	69.24	70963.2
ი	46.1	16	32	138	4416	810	137.6	115.34	111456
ი	38.7	18.8	34.8	128	4454.4	938	172.4	154.04	161711.2
ი	26.4	18.7	34.7	128	4441.6	1066	207.1	180.44	220768.6
ი	20.4	15.2	31.2	154	4804.8	1220	238.3	200.84	290726
ი	14.9	10.7	26.7	152	4058.4	1372	265	215.74	363580
ი	10.9	6.3	22.3	140	3122	1512	287.3	226.64	434397.6
ი	7.33	2.1	18.1	155	2805.5	1667	305.4	233.97	509101.8
წლ.	19.5	9.4	113.4	1667					

გეომეტრიული ველიდან ჩანს, რომ მრუდების სახეები სხვადასხვაა. (1) და (2) ფორმულებით მიღებული დამოკიდებულება ქმნის მრუდთა ჯგუფს. მასში მრუდების რაოდენობას განსაზღვრავს ტემპერატურული ფაქტორი ფორმულა (1)-ის შემთხვევაში, ან ნალექების რაოდენობა ფორმულა (2)-ის შემთხვევაში. მაგრამ გამოთვლის შედეგები მაღალი არ არის. ზოგიერთ მდინარეებზე გვაქვს ერთი მრუდი. (მდინარეების მესტიაჭალა - ს.მესტია და თეთრი არაგვი - ს.მლეთა). სხვა დანარჩენ ფორმულების (4)-(6) საფუძველზე აგებული მრუდები რთულია, განსაკუთრებით ფორმულების (4) და (5) საფუძველზე აგებული მრუდები. აქ გამოიყოფა ორი მცირე დახრილობისა და ერთი უფრო მაღალი დახრილობის მქონე მონაკვეთები. ასეთი ხასიათის ცვლილება მდინარეების წყლის რეკვადაობის გავლენითაა გამოწვეული. გაზაფხულის წყალდიდობის ტიპის მდინარეებზე მრუდის მაღალი დახრილობის მონაკვეთი მოქცეულია მარტი-მაისის თვეებში, ხოლო გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობის ტიპის მდინარეებზე - მაის-სექტემბრის თვეებში. ცალკე გამოიყოფა ფორმულა (6)-ის საფუძველზე აგებული მრუდები, რომელებსაც პარაბოლის ფორმა აქვთ - ცვლილების სხვადასხვა პარამეტრებით.

მრუდების მათემატიკური სახე კომპიუტერთან დიალოგის საფუძველზე წარმოდგენილია ცხრ.2. მათი აპროქსიმაციის საიმედოება განსაკუთრებით ფორმულების (4)-(5)-სათვის მაღალია - 0.997-0.999. ამასთან, მრუდების მონაკვეთების დახრილობის გათვალისწინებით შედგენილია შესაბამისი გამოსათვლელი ფორმულები: მდ.ბოლნისი - ს.სამწვერისის მასალების მაგალითზე გამოთვლილი შედეგები:



ნახ.1. თვითური ჩამონადენის (Q) და მისი ინტეგრალის (ΣQ) დამოკიდებულება ნალექებთან (x), საშუალო თვიურ ტემპერატურასთან (16+t), სითბურ ჩამონადენთან [x(16+t)] და შესაბამის ინტეგრალებთან მდ.მე-სტიაჭალა-ქ.მესტიას მაგალითზე (გრაფიკზე მოყვანილი რიცხვები 1,2,3,4,5,6, ფორმულების რიგითი ნომრებია).

$$\begin{aligned}
 & \text{იანვარ-მარტისათვის} \\
 & \Sigma Q_i = 0.03x_i \qquad \qquad \qquad \Sigma Q_i = 0.06\Sigma(16+t_i) \\
 & \text{აპრილ-მაისისათვის} \\
 & \Sigma Q_i = 0.06(\Sigma x_i - 82) + 2.61 \qquad \qquad \Sigma Q_i = 0.134\Sigma(16+t_i) - 5 \\
 & \text{ივნის-დეკემბრისათვის} \\
 & \Sigma Q_i = 0.024\Sigma x_i + 6 \qquad \qquad \Sigma Q_i = 0.024\Sigma(16+t_i) + 10
 \end{aligned}$$

ცხრილი 2. განსაზღვრული ინტეგრალით ჩამონადენის გაანგარიშების ფორმულები

#	ფართობი, კმ <sup>2</sup>		საშუალო სიმაღლე	ფორმულები	r <sup>2</sup>
	აუზის	მდინარეების			
1	2	3	4	5	6

ღვანდრა-ს.ღვანდრა					
1.4	127	14,9	2260	$y = 2,20603E-10x^4 - 1,00188E-06x^3 + +1,47905E-03x^2 - 6,07117E-01x + +7.29088E+01$	0.9973
1.5				$y = 1,26379E-07x^4 - 9,69404E-05x^3 + +2,36108E-02x^2 - 1,05769E+ 00x + +1.78138E+01$	0.9992
1.6				$y = 6,74223E-21x^4 - 4,90287E-15x^3 - -5.52083E-10x^2 + 1,13452E-03x --4.85297E+00$	0.9967
ჩხალთა-ს.ჩხალთა					
2.4	465	25,3	2080	$y = 4,87741E-10x^4 - 2,16045E-06x^3 + +3,11430E-03x^2 - 1,24152E+00x + +1.49684E+02$	0.9976
2.5				$y = 2,76634E-07x^4 - 2,6323E-04x^3 + 4,86258E-02x^2 - 1,98244E+00x + 3.62840E+01$	0.9940
2.6				$y = -1,82659E-25x^5 + 2,38864E-19x^4 - 1,04832E-13x^3 + 1,44189E-08x^2 + 1,54023E-03x + 4.24748E+00$	0.9922
ნენსკრა-ს.ლახაში					
3.4	468	39,3	2300	$y = 2,36181E-09x^4 - 6,17565E-06x^3 + +5,11476E-03x^2 - 1,00384E+00x + +6.05606E+01$	0.9982
3.5				$y = 2,75685E-07x^4 - 1,79081 E-04x^3 + +3,64051E-02x^2 - 9,10076E-01x + +1.49202E+01 \llcorner 9, 9\wedge 79$	0.9979
3.6				$y = 1,14081 E-19x^4 - 2,45073E-14x^3 - 1,05936E-08x^2 + 3,85503E-03x - 4.54275E-01$	0.9990
ნაკრა-ს.ნაკვი					
4.4	126		2620	$y = 1,09967E-09x^4 - 3,01866E-06x^3 + 2,59032E-03x^2 - 5,40011E-01x + 3.38967E+01$	0.9960
4.5				$y = 1,27274E-07x^4 - 8,86444E-05x^3 + 1,92065E-02x^2 - 6,31515E-01x + 1,04764E+01$	0.9955
4.6				$y = 1,40574E-19x^4 - 5,53012E-14x^3 + 1,66289E-09x^2 + 1,55288E-03x + 7.24525E-01$	0.9966
მესტიაჰალა-დ.მესტია					
5.2	144		2790	$y = -4,31475E-05x^4 + 7,82590E-03x^3 - 2,68470E - 01x^2 + 3,66861E+00x - 1,46111E+01$	0.9884
5.3				$y = 2,21029E-11x^4 - 1,17275E-07x^3 + 2,23969E-04x^2 - 1,76708E-01x + 5,17519E+01$	0.9497
5.4				$y = -3,37254 E-10x^4 - 4,93422E-07x^3 + 1,30888E-03x^2 - 3,48368E-01x + 2,53816E+01$	0.9936
5.5				$y = -4,57827E-08x^4 - 4,12055E-06x^3 + 8,01059E-03x^2 - 2,93746E-01x + 7.14588E+00$	0.9930
5.6				$y = 2,72140E-19x^4 - 1,36921 E-13x^3 + 1,85780E-08x^2 + 5,78521 E-04x + .18786E+00$	0.9967
ჯეჯორა-ს.პიპილეთი					
6.4	408		1930	$y = 1,0002E-09x^4 - 2,3553E-06x^3 + 1,7439E-03x^2 - 2,4794E-01x + 1,4401 E+01$	0.9995
6.5				$y = 8,46027E-08x^4 - 5,61931E-05x^3 + 1,10390E-02x^2 - 6,39078E-02x + 2.13854E+00$	0.9988
6.6				$y = -5,25508E-20x^4 + 4,43889E-14x^3 - -1,38107E-08x^2 + 2,06524E-03x + 2.61470E-01$	0.9994
თეთრი არაგვი-ს.მლეტა					
7.3	107		2620	$y = 3,42324E-14x^4 - 2,89302E-10x^3 + 1,03130E-06x^2 - 7,44191 E-04x + 3,89221E+ 00$	0.9902
7.4				$y = 0,0429x - 1,6696$	0.9967
7.5				$y = -0,0005x^2 + 0,3946x + 3,5453$	0.9964
7.6				$y = 4,46208E-15x^3 - 2,45546E-09x^2 + 5,38560E-04x + 6.82665E+00$	0.9952
შავი არაგვი-შესართავი					
8.4	235		2030	$y = 1,15875E-10x^4 - 3,64403E-07x^3 + +3,60515E-04x^2 - 3,59987E-02x + +3.71713E+00$	0.9990
8.5				$y = 1,60341E-07x^4 - 8,27307E-05x^3 + 1,24691E- 02x^2 - -6,43959E-02x + 1.35638E+00$	0.9982
8.6				$y = -3,09341 E-20x^4 + 2,63915E-14x^3 - -8,26350E-09x^2 + 1,24325E-03x + 1.22187E+00$	0.9900

ფარავანი-ს.ხერთვისი					
9.4	2350		2120	$y = 4,43906E-09x^4 - 3,02950E-06x^3 - 1,57729E-04x^2 + 6,93119E-01x - 5,45660E+00$	0.9986
9.5				$y = 1,36817E-07x^4 - 5,35356E-05x^3 + 2,40099E-03x^2 + 1,47375E+00x - 4,01308E+00$	0.9981
9.6				$y = -4,17775E-18x^4 + 1,38084E-12x^3 - 1,56122E-07x^2 + 7,63173E-03x + 1,99496E+01$	0.9924
აბასთუმანი-ს.აბასთუმანი					
10.4	99		1830	$y = 1,39056E-14x^6 - 3,30716E-11x^5 + 3,08169E-08x^4 - 1,40193E-05x^3 + 3,09783E-03x^2 - 2,51308E-01x + 6,45996E+00$	0.9970
10.5				$y = -3,86905E-10x^5 + 2,67417E-07x^4 - 6,45155E-05x^3 + 5,97450E-03x^2 - 7,33500E-02x + 3,44059E-01$	0.9954
10.6				$y = 2,83775E-24x^5 - 1,37181E-18x^4 + 2,49042E-13x^3 - 2,09039E-08x^2 + 8,19784E-04x - 3,96559E-01$	0.9938
ქვიახრამი-ს.კუში					
11.4	408		2050	$y = 1,24246E-09x^4 - 1,40906E-06x^3 + 3,71397E-04x^2 + 1,32529E-01x - 6,32055E-01$	0.9986
11.5				$y = 7,74191E-08x^4 - 3,73234E-05x^3 + 4,45610E-03x^2 + 3,13666E-01x - 2,65575E+00$	0.9936
11.6				$y = -5,91610E-19x^4 + 2,48732E-13x^3 - 3,59673E-08x^2 + 2,25961E-03x + 4,16709E+00$	0.9960
ბოლნისი-ს.სამწვერისი					
12.4	292		1280	$y = 1,01982E-09x^4 - 1,09883E-06x^3 + 3,30690E-04x^2 + 1,79523E-02x - 1,46016E-01$	0.9992
12.5				$y = -9,58793E-11x^5 + 9,44358E-08x^4 - 3,32591E-05x^3 + 4,78492E-03x^2 - 1,65371E-01x + 2,13039E+00$	0.9995
12.6				$y = -1,32619E-19x^4 + 5,75418E-14x^3 - 8,77591E-09x^2 + 5,85051E-04x + 3,51377E-01$	0.9986

შენიშვნა: - პირველ გრაფაში პირველი რიცხვი მდინარის რიგითი ნომერია, მეორე კი - ძირითადი ფორმულების რიგითი ნომერი.

ცხრ. 2-დან ჩანს, რომ მიღებული იქნა უფრო მეტად მრავალწევრიანი განტოლებები. მათი აპროკსიმაციის კოეფიციენტი მაღალია 0.93-ზე, მაგრამ რაც მეტია წევრთა რაოდენობა განტოლებაში, მით მეტია ეს კოეფიციენტი და აღწევს 0.9978. ასეთ შემთხვევაში ვლებულობთ პრაქტიკისათვის დამაკმაყოფილებელ შედეგს. მას ადასტურებს აგრეთვე ქვემოთ მოყვანილი გამოთვლის შედეგები. მდ.ბოლნისი - ს.სამწვერისის მაგალითზე (ცხრ.3).

1936-1962 წლების პერიოდის თვიური საშუალო სიდიდეების საფუძველზე აგებული იქნა ზემოთ მოყვანილი დამოკიდებულებები. მათ საფუძველზე 1962-1980 წლების x და (16+t) მასალების გამოყენების შედეგად გამოთვლილი იქნა Q (ცხრ.2); განსხვავება ფაქტიურისაგან შეადგენს 4.6%, რაც 1.5 – 2-ჯერ ნაკლებია დასაშვებ ცდომილებაზე. მაგრამ ცხრილიდან ჩანს, რომ რაც უფრო იზრდება ფორმულაში წევრთა რაოდენობა, მით გამოთვლის შედეგები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ფაქტიურისაგან. ამიტომ ზოგად მრავალწევრიან ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$Q_i = \frac{f(x,t)_i + f(t,x)_i + f(t^*x)_i + f(\sum x, \sum t) + f(\sum t, \sum x) + f(\sum t^* \sum x)}{n}$$

სადაც – n არის Q-ს გამოსათვლელად გამოყენებული ფორმულების რაოდენობა.

### ცხრილი 3. საშუალო წლიური ჩამონადენის გამოთვლის შედეგები 1960 და 1980 წლების დონეებზე მდ.ბოლნისი – ს.სამწვერისის მაგალითზე

პერიოდი	n, მმ	Q, მ <sup>3</sup> /წმ	Σ(16+t), °C	ΣQ-ს გამოთვლის შედეგები				
				ფორმულები				
				12.4	12.5	12.6	საშუალო	სხვაობა, %
1935-1962	512	18.2	336.4	18.3	18.2	18.1	18.1	
სხვაობა %				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
1962-1980	512	19.2	336.0	18.6	18.2	18.2	18.3	
				3.1	5.2	5.2	4.7	4.6

გამოთვლის სქემა მდ.ღვანდრა-ს.ღვანდრას აპრილის თვის მაგალითზე ცხრ.1 მონაცემების საფუძველზე შეადგენს 8.2%, წლიურის 0.0%. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ინტეგრალური მახასიათებლების გამოყენებით ფორმულების (4)-(6) საფუძველზე გათვლილია 1961-1980 წლის საშუალო ხარჯი 18.3 მ<sup>3</sup>/წმ თითქმის დაემთხვა ფაქტიურს 19.0მ<sup>3</sup>/წმ (ცდომილება შეადგენს 3.7%).

შედეგებიდან ჩანს, რომ სითბოსა და ტენიანობის თანაფარდობა იძლევა საშუალებას გამოვითვალოთ თვიური, სეზონური და წლიური ჩამონადენი, ასევე აღვადგინოთ გამოტოვებული რიგი და მივცეთ პროგნოზი ახლო მომავლისათვის ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ფონზე.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ვ.ცომაია, ლ.ქიტიაშვილი, 2007. სითბოსა და ტენიანობის თანაფარდობის გავლენა მცირე მდინარეების ატინარებულ ხარჯებზე, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტ. შრომები, ტ. 111, გვ.14-19

უკ 551.48

სითბოსა და ტენიანობის თანაფარდობის გამოყენების თავისებურებანი მდინარეების თხევადი ჩამონადენის გაანგარიშებაში. /ვ.ცომაია, დ.კერესელიძე, ე.სუხანსკაია, ლ.სალაკაია/, ჰმი-ს შრომათა კრებული, 2007-ტ.111-გვ-5-13-ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

მოყვანილია სითბოსა და ტენიანობის თანაფარდობის გამოყენების შედეგები მდინარეების ჩამონადენის გამოთვლაში. მეთოდი იძლევა საშუალებას გამოვითვალოთ თვიური, სეზონური და წლიური ჩამონადენი, აღვადგინოთ რიგის გამოტოვებული წელი და მივცეთ პროგნოზი ახლო მომავალში ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ფონზე. ცხრ. 3, ილ. 1, ლიტ. დას. 1.

UDC 551.48

**Feature of application of heat and moisture correlation in calculations of rivers liquid flow.** /V.Tsomaia, D.Kereselidze, E.Sukhanskaya, I.Salakaia/. Transactions of the Georgian Hydrometeorological Institute, 2007.-V. 111.- p. 5-13 – Georg.: Summ. Geogr., Eng.,Russ.

The results of application of heat and moisture correlation in rivers flow calculations are provided. The method gives an opportunity to calculate monthly, seasonal and annual flow, to restore the blanks in a number of observations and to give out the prognosis of water expenditure with regard for changes of temperature and precipitation. Tab. 3, Fig.1, Ref. 1.

УДК 551.48

**Особенность применения соотношения тепла и влаги в расчетах жидкого стока рек.** /Цомаია В.Ш., Кереселидзе Д.Н., Суханская Э.В., Салакаия Л.И./, Сб. трудов Института Гидрометеорологии Грузии -2007.-т.111.-с.5-13.- Груз.; рез. Груз., Англ., Русск. Приводятся результаты применений соотношения тепла и влаги для расчета стока рек. Метод дает возможность рассчитать месячный, сезонный и годовой сток, восстановить пропуски и выдать прогноз на ближайший период на фоне изменения температуры воздуха и атмосферных осадков. Таб. 3, рис. 1, лит. 1.